

Evaluación de las características fisicoquímicas del mango, madurado artificialmente con acetiluro de calcio

Evaluation of the physicochemical characteristics of mango, artificially matured with calcium acetylide

Diego Tuarez García¹ 

Cyntia Erazo Solórzano² 

Jaime Vera Chang³ 

Martín Solórzano Menéndez⁴ 

Kerly Alvarado Vásquez⁵ 

Luis Vásquez Cortez⁶ 

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo-UTEQ, Los Ríos Ecuador [✉dtuarez@uteq.edu.ec](mailto:dtuarez@uteq.edu.ec)

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo-UTEQ, Los Ríos Ecuador [✉jcerazo@uteq.edu.ec](mailto:jcerazo@uteq.edu.ec)

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo-UTEQ, Los Ríos Ecuador [✉jverac@uteq.edu.ec](mailto:jverac@uteq.edu.ec)

⁴Instituto de Posgrado estudiante de la Maestría de Agroindustria Universidad Técnica de Manabí [✉raul.solorzano2016@uteq.edu.ec](mailto:raul.solorzano2016@uteq.edu.ec)

⁵Instituto de Posgrado estudiante de la Maestría de Agroindustria Universidad Técnica de Manabí [✉kalvarado6940@utm.edu.ec](mailto:kalvarado6940@utm.edu.ec)

⁶Instituto de Posgrado estudiante de la Maestría de Agroindustria Universidad Técnica de Manabí [✉lvasquez7265@utm.edu.ec](mailto:lvasquez7265@utm.edu.ec)

Recibido: 06/07/2022 Aceptado:15/07/2022

Resumen El uso y aplicación de agentes artificiales de maduración de bajo costo es común entre productores y comerciantes, porque los resultados obtenidos son aceptables. Sin embargo, por falta de metodología, son empleados en dosis desproporcionadas, sin prever la implicación que tiene sobre características propias de la fruta. El objetivo principal de esta investigación es evaluar las propiedades fisicoquímicas en dos variedades de mango (*Mangifera indica*), Tommy Atkins y Kent, sometidos a maduración artificial con un agente químico (acetiluro de calcio CaC₂). Se utilizaron dos variedades de mango en estado de madurez fisiológica uniforme, y se relacionaron con tres dosis del agente de maduración. Posteriormente, se acondicionaron las frutas en cajas de madera, donde se monitoreó el tiempo, la temperatura y humedad. Las variables analizadas son Brix, pH, humedad, energía, proteína, acidez, textura, y fibra. Los resultados conseguidos resaltan que, independientemente de la diversidad, tanto en límites físicos como en límites químicos de la fruta, se destacaron los que fueron sometidos a la dosis de 10 g/kg de fruta por un periodo 48 horas de exposición en un ambiente cerrado herméticamente, con control de temperatura entre los 27,7 °C y humedad relativa ambiental del 90 %. Es fundamental resaltar que se aceleró el tiempo de maduración de la fruta en dos días, de acuerdo con la dosificación empleada.

Palabras clave: arsénico, etileno, fruta climaterica, maduración artificial.

Abstract The use and application of low-cost artificial ripening agents are common among producers and traders because the results obtained are acceptable, however, due to the lack of methodology, they are used in disproportionate doses, without foreseeing the implication that it has on the characteristics of the fruit. The main objective is to evaluate the physical-chemical properties of two varieties of mango (*Mangifera indica*), Tommy Atkins and Kent, subjected to artificial ripening with a chemical agent (calcium acetylide CaC₂). For the experiments, two varieties of mango in a state of uniform physiological maturity were used, relating them to three doses of the ripening agent. For ripening, the fruits were conditioned in wooden boxes where time, temperature, and humidity were monitored. The variables analyzed are Brix, pH, moisture, energy, protein, acidity, texture, and fiber. The results obtained highlight that, regardless of the diversity, both in physical limits and in chemical limits of the fruit, those who were subjected to a dose of 10 g/kg of fruit for a period of 48 hours of exposure in a hermetically sealed environment stood out, controlling that the temperature is between 27.7 °C and relative humidity between 90 %. It is essential to highlight that the maturation time of the fruit was accelerated by two days according to the dosage used.

Keywords: arsenic, ethylene, climacteric fruit, artificial ripening.

Introducción

El mango y sus variedades derivadas son muy utilizadas alrededor del mundo, aproximadamente en 100 países. A pesar de tener requerimientos agroclimáticos singulares, es una fruta muy apetecida por su percepción sensorial, aroma y sabor. Además de rescatar los valores nutricionales que posee, es considerada como potencialmente consumida a nivel mundial, por lo que se puede expandir comercialmente en la mayoría de las latitudes (Akram *et al.*, 2013).

En la actualidad, se conoce que internacionalmente se produce y exporta el mango, debido a la gran producción de la fruta entre septiembre y enero (Dávalo, 2019). A su vez, se presenta una alternativa de industrialización o plantas productoras de mango en diversas presentaciones, requeridas por el consumidor en los mercados nacionales e internacionales (Guerrero, 2018).

Existe un agente de maduración artificial comúnmente empleado, el cual se conoce comercialmente como gas etileno (C_2H_4). Debido al alto costo de este agente, los agricultores optan por buscar nuevas alternativas que resulten más económicas, como el carburo de calcio (CaC_2), que tiene una función o reacción similar de liberación de gas acetileno, al ponerse en contacto con la humedad atmosférica (Galvis *et al.*, 2003). Existe una prohibición en cuanto a la utilización CaC_2 en la maduración de frutas en general. Sin embargo, se encuentra disponible en las tiendas para su empleo en el campo o industrias, debido a que en bajas cantidades no es perjudicial para la salud (Bejarano y Suárez, 2015).

Debido a lo expuesto anteriormente, resultó importante realizar dosificaciones del acetiluro de calcio como agente de maduración, que permitieran evaluar los cambios bromatológicos y la calidad final de la fruta.

Materiales y métodos

Acondicionamiento de la muestra

Las muestras de las dos variedades de mango fueron cosechadas en el mes de enero, en el cantón Balzar, Provincia del Guayas. Se escogieron 15 kilogramos por cada variedad, mismos que no presentaban daños mecánicos, ni presencia de insectos o enfermedades. Luego se efectuó la prueba de Brix para homogenizar el estado de madurez inicial de la fruta.

Tomando como referencia la investigación realizada por Vera-Chang, con dos cultivares de bananas, se dosificó el acetiluro de calcio a 0,5 y 10 gramos por kilogramo de fruta (Vera-Chang *et al.*, 2022). Posteriormente, se colocó en un recipiente de plástico de boca ancha, se acondicionó la caja de madera con la fruta, más el envase que contenía el acetiluro de calcio, y se agregaron 200 mL de agua, misma que, al entrar en contacto con el agente de maduración, desprende gas acetileno. Se cerraron herméticamente las cajas de maduración por 48 horas, se mantiene la temperatura controlada y se lleva el registro durante dos días, para posteriormente ventilar las muestras por 24 horas y tomar una muestra de cada tratamiento para los análisis pertinentes, tal como se indica en la Figura 1.

Variables fisicoquímicas

Determinación de pH: se realizó la medición del pH a las muestras de mango de cada tratamiento y sus repeticiones de acuerdo con la NTE INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2013a, 2013b).

Grado Brix: mediante un Brixómetro que permite medir la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido, se aplicaron sobre el prisma 1 a 3 gotas de la solución, en este caso, de la pulpa de mango, y después de 5 minutos, se procede a la lectura de los grados Brix según la normativa NTE INEN/ISO 2173 (INEN, 2013c).

Evaluación de acidez titulable: se realizó la determinación de acidez titulable según la normativa INEN ISO 750, y el resultado se expresó como porcentaje de ácido cítrico (INEN, 2013d).

Textura: de acuerdo con el procedimiento indicado en NTE INEN 1909 (INEN, 2016).

Humedad: se realizó mediante una prueba de gravimetría, que consiste en secar en una estufa la muestra, hasta obtener peso constante, de acuerdo con la norma ecuatoriana INEN ISO 712 (INEN, 2013a).

Fibra: se empleó el método INEN ISO 522 (INEN, 2013e).

Proteína: dicha prueba se realizó empleando el método INEN ISO 20483/ Kjeldahl, que permitió una visión en cuanto a la concentración de nitrógeno total en mango, y donde el contenido de proteína se expresó en porcentaje (INEN, 2013b).

Análisis estadístico: se empleó un DCA, con arreglo bifactorial C x D. Tal como indica la Tabla 1, constó de 3 tratamientos con 3 repeticiones; para conocer el efecto que existía entre las inducciones aplicadas, se requirió de dos testigos, las variedades del mango utilizadas fueron Tommy y Kent. Para el análisis de las medias, se utilizó el experimento de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). Los datos encontrados en la experimentación fueron analizados por el programa estadístico InfoStat.

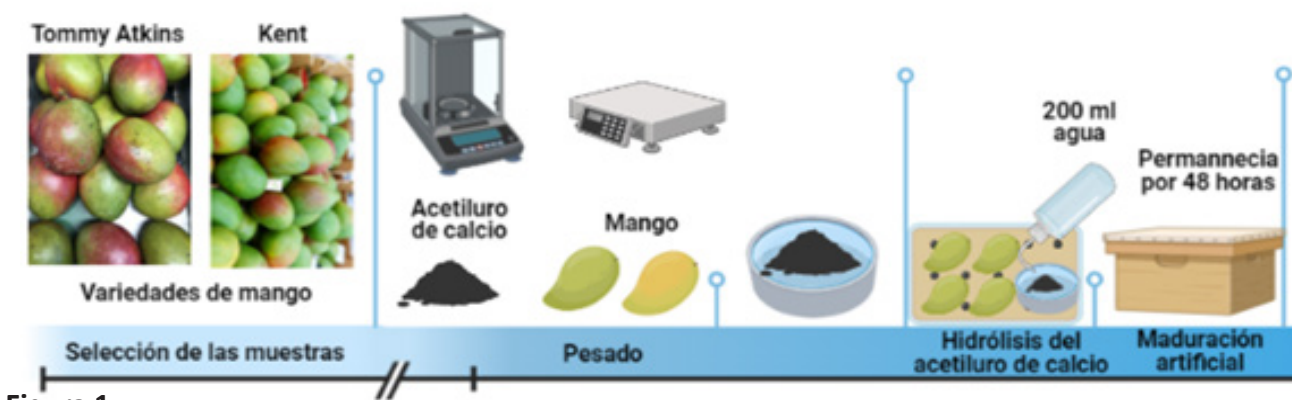


Figura 1

Proceso experimental

Nota. Elaboración propia.

Tabla 1

Esquema de Andeva

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos	$(C \times D) - 1$	5
Factor C	$(C - 1)$	1
Factor D	$(D - 1)$	2
Interacción C * D	$(C - 1)(D - 1)$	2
Error experimental	$(C \times D)(r - 1)$	12
Total	$(C \times D \times n) - 1$	17

Nota. Elaboración propia.

Resultados y discusión

Textura

En efecto, los resultados de la variable textura, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), mostraron que existió diferencia estadística significativa en el factor A, que corresponde a las variedades de mangos. La variedad Kent presentó una media de 7,05 kgf versus la variedad Tommy con 6,73 kgf, la primera obtuvo una consistencia más suave y blanda que la segunda.

En concordancia, Quintero *et al.* (2013) encontraron valores similares en la investigación que realizaron, al ajustare a modelos lineales que les permitieron obtener una media de 5,4 kgf, donde se atribuye el comportamiento de la fruta a la degradación de polisacáridos como celulosas, pectinas y hemicelulosas.

Grado Brix

Se encontró que existe diferencia significativa entre las variedades Kent, con una media 5,13 °Bx, y Tommy con 5,49 °Bx. Al analizar la dosificación de 10g/kg de acetiluro de calcio, se observó que existió diferencia significativa con una media de 12,63 °Bx. Al compararlos con los testigos T1 Y T4, mostraron valores correspondientes a una fruta verde de 1,10 °Bx y 1,60 °Bx, respectivamente.

Según Siller-Cepeda *et al.* (2009), en las variedades de mango Tommy Atkins, Haden y Kent, la calidad de exportación confiere propiedades de estandarización de 7 °Bx. Existieron valores significativos para los grados Brix de la variedad de mango Haden, entre 9 y 17 °Bx y 8,7 a 19,4 °Bx en Kent y Tommy, respectivamente, con sabor muy dulce.

Acidez

Se observó que existe diferencia estadística para esta variable. En cuanto a la variedad Tommy, se obtuvo una media de 8,48 %, superior al valor

de la variedad Kent; para los tratamientos T3 y T6, se evidenció una media de 13,80 % y 8,90 %, respectivamente. Considerando la aplicación de acetiluro de calcio para el T1 y T3, los valores de acidez fueron 5,13 % y 5,80 %.

Según Quintero *et al.* (2013), la acidez es uno de los parámetros con mayor variabilidad, debido a las reacciones químicas que se producen en el fruto, por la presencia de ácidos orgánicos y la transformación o degradación en el proceso de maduración.

pH

La variable pH, o potencial de hidrógeno, muestra valores estadísticos altamente significativos con base en la probabilidad Tukey, los factores evaluados de variedades de mango mostraron para Kent una media de 3,84, cuya aplicación fue de 5 g/kg de acetiluro de calcio.

Ramírez *et al.* (2010) mostraron valores de pH diferentes entre distintos cultivares, resaltando que las variedades estudiadas, Tommy y Kent, oscilaron en 3,74 y 4,33 de pH, respectivamente, y que el CODEX alimentario indica que, para el procesamiento industrial, el pH óptimo debe oscilar entre 3,5 y 4,0.

Humedad

La variedad de mango Tommy mostró una media de 89,94 % de humedad y la variedad Kent de 89,40 %. Al analizar los valores reportados por la dosificación empleada, resalta la aplicación de 10g/kg de acetiluro de calcio con una media de 90,74 % de humedad, sin embargo, los testigos (T1 y T4) mostraron una media de 89,85 y 89,54 %, respectivamente.

Según Quintero *et al.* (2013), existe gran cantidad de agua atrapada en las cadenas de almidones en las frutas, y esta actúa en todos los procesos bioquímicos, producto de la transpiración de la fruta.

Fibra

Se evidenció que existe diferencia estadística significativa en comparación con la prueba del análisis de la varianza entre factores estudiados. Para la variedad de mango Tommy, se encontró un contenido de fibra de 7,24 % y para la variedad Kent fue de 5,72 %.

Por otro lado, Cruz *et al.* (2015) indican que el mango tiene un importante contenido de fibra, indispensable en el crecimiento de los seres humanos. En el estudio, este contenido estuvo en el rango de 5,67 % a 6 %, lo que se atribuye a que el proceso de maduración aplicado actúa de manera significativa sobre este parámetro.

Proteína

Al analizar el contenido de proteína en la variedad de mango Tommy, este fue 0,8 %, mientras que en la variedad Kent fue 0,7 %. La dosificación del agente de maduración y la interacción entre tratamientos indican que en el T3 y T6 se encontraron porcentajes de proteína superiores, 0,85 y 0,89 %, respectivamente.

En el mismo sentido, Medrano *et al.* (2015) obtuvieron valores similares a la investigación realizada, donde reportaron un 0,8 % en el contenido de proteína.

Energía

En la presente variable se obtuvieron valores significativos, la variedad de mango Tommy con 2,67 kcal. En referencia a la variable Kent, se obtuvo valor de 2,28 kcal, con una dosificación de 10 g/kg. De la aplicación de acetiluro de calcio, se obtuvo 3,00 kcal. En relación con la interacción, se encontraron valores para el T3 con una media comparativa de 3,20 kcal, entonces se concluye que existe un aumento de energía en la aplicación de acetiluro de calcio. Al mismo tiempo, sus testigos T1 y T4 tuvieron promedios bajos o menores a las inducciones, desde 1,80 kcal llegando a 1,50 kcal.

Tiempo de maduración (días)

No se encontró diferencia significativa en el factor A, esto quiere decir que la variedad de mango, ya sea el Tommy o el Kent, no influye

directamente en el tiempo de maduración, establecido en dos días, mientras que las muestras testigo alcanzaron la maduración comercial en 10 a 11 días. Sin embargo, la dosificación del agente de maduración, sí influye en este aspecto.

Según Slauhter (2009), la etapa de poscosecha determina la calidad, debido a que afecta directamente al almacenamiento para conseguir la reducción del tiempo de maduración de a 3 a 9 días madurativos.

Conclusiones

La aplicación de acetiluro de calcio, que al entrar en contacto con el agua reacciona desprendiendo acetileno, evidenció una aceleración en el estado de maduración. En comparación con otra fruta de similares características iniciales, en términos de tiempo, la diferencia entre la fruta madurada naturalmente y con el método objeto de esta investigación fue de 10 a 11 días, lo que se manifestó en cambios en las características físicas y químicas, como cambios de color, aroma y textura. Además, la mejor dosificación aplicada fue la de 10 g/kg de acetiluro de calcio sobre kilogramo de fruta, con una temperatura promedio de 27,7 °C y una humedad relativa ambiental de 90 %, condiciones óptimas para llevar a cabo el proceso.

Agradecimientos

A los profesionales que han hecho posible realizar la investigación, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, institución que financió el proyecto de investigación por medio de la VII Convocatoria del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica "FOCICYT".

Referencias

Akram, W., Ahmad, S., Yaseen, M., Ahmad, W., Ahmad, W., Ayub, C. M., y Shehzad, M. A. (2013). Calcium carbide (CaC₂): Effect on fruit set and yield of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra. *African Journal of Biotechnology*, 12 (23), 3669-3675. <https://doi.org/10.5897/AJB12.2079>

Bejarano, J., y Suárez, M. (2015). Algunos peligros químicos y nutricionales del consumo de los alimentos de venta en espacios públicos. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 47 (3), 349-

360. <https://doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>

Cruz, Á., Guamán, M., Castillo, M., Glorio, P., y Martínez, R. (2015). Fibra dietaria en subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito. *Revista Politécnica*, 36 (2), 1-7. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/633

Dávalo, B. B. A. (2019). *Análisis de la cadena de valor sostenible en las exportaciones de mango desde Ecuador hacia Francia (Período 2014-2017)*. [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13960>

Galvis, A., Arjona, H., y Fischer, G. (2003). Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl₂) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke. *Agronomía Colombiana*, 21 (2), 190-197. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317974008>

Guerrero, G. (2018). La producción del mango ecuatoriano. *Perspectiva*, junio, 8-15. https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/wp-content/uploads/2018/06/Perspectiva-Junio-2018_1-P.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013a). *NTE INEN-ISO 1842:2013 Productos vegetales y de frutas - determinación de pH (IDT)*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013b). *NTE INEN-ISO 20483:2013 Cereales y leguminosas. Determinación del contenido en Nitrógeno y cálculo del contenido de fibra bruta*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013c). *NTE INEN-ISO 2173:2013 Productos vegetales y de frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (IDT)*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013d). *NTE INEN-ISO 750:2013 Productos Vegetales y de Frutas - Determinación de la Acidez Titulable (IDT)*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013e). *NTE INEN 522:2013 Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). *NTE INEN-ISO 1909 Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos*.

Medrano, A., Olivas-Aguirre, F. J., Velderrain, G., González, L. A., López, J. A. y Álvarez, E. (2015). El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31 (1), 67-75. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7701>

Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J. y Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (1), 1-9. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100002

Ramírez, M., Quijada, O., Castellano, G., Burgos, M., Camacho, R. y Marín, C. (2010). Características físicas y químicas de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio Mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 10 (2), 65-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315091002>

Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizarde, E. e Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32 (1), 45-52. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Slauhter, D. (2009). Métodos para el manejo de la maduración del mango. *Biological and Agricultural Engineering*, enero, 1-12. https://www.mango.org/wp-content/uploads/2018/03/Methods_for_Management_of_Ripening_Spn.pdf

Vera-Chang, J., Merchan-Sánchez, B., Tuárez-García, D., y Bustamante-González, A. (2022). Effect of calcium acetylure on fruit ripening in two banana cultivars. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 12 (3), 32-55. http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/185/225